

CONTART 2018: VII Convención de la Edificación
30 mayo - 1 junio 2018; Zaragoza (Spain): Colegio Oficial de
Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza. Escuela
Universitaria Politécnica de La Almunia, p.381-390

038

ASPECTOS PRÁCTICOS EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS Y OBRAS CON ESTRUCTURAS DE MADERA

LOBO PARRA, MANUEL

FINSA (Financiera Maderera, S.A.) / Dpto. Consultoría Técnica, Madrid, España

E-mail: m.lopez@finsa.es, Web: www.finsa.es

PALABRAS CLAVE: A3 Edificación sostenible y edificios de consumo de energía casi nulo, Ejecución, Estructuras, Madera, Contralaminado, Entramado.

RESUMEN

La evolución de los sistemas constructivos con madera en los últimos años, junto con las nuevas normativas de sostenibilidad y eficiencia energética, ha hecho que la madera como material, vuelva a estar presente a la hora de redactar proyectos de construcción.

La caída en desuso de este material, con respecto a al acero o el hormigón, provocó que, incluso la formación técnica en el uso de la madera como material para las estructuras, haya sido reducida en los planes de estudio y en la formación continua de los arquitectos técnicos e ingenieros de edificación.

Los sistemas y procedimientos constructivos como los entramados ligeros o los paneles de madera contralaminada, diferentes en concepto respecto a los sistemas en acero u hormigón, tanto en el diseño de la estructura, como en los materiales para llevarla a cabo, necesitan de nuevos procedimientos para el desarrollo del proyecto y por su puesto para su control de ejecución en la obra.

Durante la exposición, se planteará la descripción de estos sistemas constructivos, su aplicación según la tipología del proyecto, así como los tipos de materiales que son necesarios para su puesta en obra y procedimientos para llevar a cabo el control de ejecución de los mismos, desde el control de recepción de materiales, hasta la verificación de la correcta ejecución de los mismos.

1. INTRODUCCIÓN

Tras unos años en los que la madera ha sido un material para la construcción de estructuras, en los que se ha dejado de lado, el desarrollo de sistemas constructivos para las estructuras donde la madera es su material base, que aporta soluciones industrializadas y energéticamente eficientes, han hecho crecer un interés por su uso.

Lamentablemente, esta caída en desuso de forma generalizada en la arquitectura y construcción han motivado que haya una carencia de formación en estos sistemas constructivos, que provoca que, ante la puesta en obra de los mismos, los directores de ejecución de obra se enfrenten a sistemas en parte desconocidos y en muchas ocasiones les cueste realizar el control de la ejecución de este tipo de proyectos.

La intención de esta comunicación es repasar los sistemas constructivos con madera más actuales, como son la construcción con entramado ligero y la construcción con madera contralaminada.

En la primera parte realizaré una descripción de ambos sistemas, indicando características fundamentales, así como ventajas e inconvenientes de su uso.

Posteriormente, se describirá, para cada uno de los sistemas, cuáles son las principales verificaciones a realizar, tanto en la recepción de materiales, cómo en la puesta en obra de los mismos para una correcta ejecución de la obra.

2. DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

2.1 Entramado ligero de madera

La estructura de entramado ligero de madera está formada por elementos superficiales que forman muros, forjados y cubiertas.

Estos elementos superficiales están formados por un entramado o marco formados por elementos lineales de madera estructural de diferentes tipos (aserrada, laminada, elementos compuestos) y tableros de carácter estructural que forman la superficie del elemento.

Estos elementos, una vez unidos dan la rigidez y estabilidad necesaria para la estructura.

A la vez, este entramado, va relleno de un aislante térmico y acústico en los huecos que los elementos lineales han dejado en su interior.

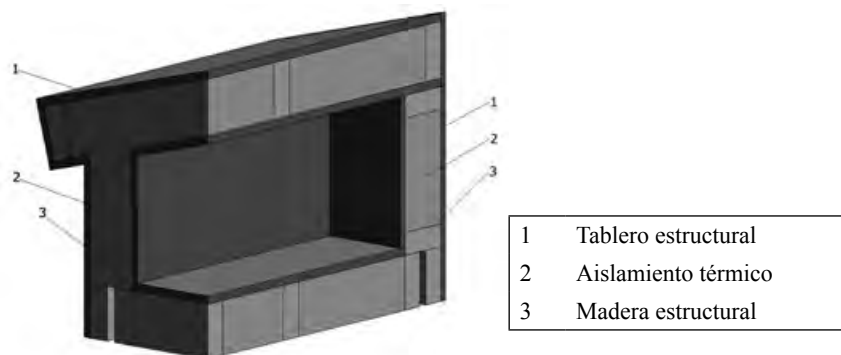


Figura 1. Esquema del entramado de madera.

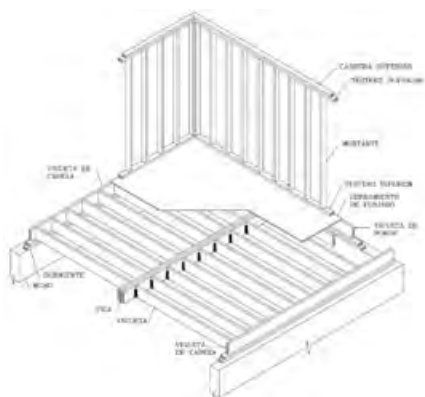


Figura 2. Formación del entramado en forjados.

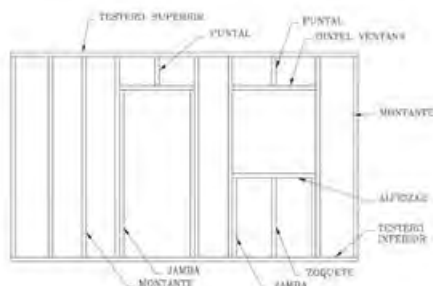


Figura 3. Formación del entramado en muros.

Principios de funcionamiento estructural.

Sin entrar en profundidades de cálculo y verificaciones necesarias, si expondré los principios generales de funcionamiento de los elementos.

- Forjados y cubiertas. Los elementos lineales y superficiales trabajan a flexotracción. Las cargas las recibe el tablero estructural, que las transmite a los elementos lineales del entramado, que actúan como viguetas apoyadas sobre los muros inferiores.
- Muros. Trabajan principalmente a compresión, debiendo tener en cuenta, en función del tipo de apoyo, posibles compresiones compuestas. Además, en muros de cerramiento de fachada, debe soportar los esfuerzos de viento que deben soportar los tableros superficiales y transmitirlas a los montantes. El otro factor importante de estos elementos es la función de arriostramiento del entramado que realiza el tablero estructural, debiendo verificar el descuadre que provoca.

En el conjunto de la estructura, además se deberá analizar el comportamiento ante acciones horizontales en su conjunto (por viento o sismo) y verificar la estabilidad de la misma.

Finalmente, destacar que, toda esta sencillez de uso pierde su sentido si no cuidamos dos aspectos clave de la construcción de estructuras de madera en general:

- Diseño y ejecución correcta de las uniones de los diferentes elementos.
- Definición de la clase de uso de cada uno de los elementos con el diseño de la protección adecuada en cada caso para garantizar la durabilidad de la estructura.

Principales características

- Empleo de una gran cantidad de elementos repetitivos, con poco mecanizado y fácil unión.
- Uso para construcción de baja y media altura.
- Posibilidades de industrialización en 2D y 3D.
- Construcción en seco.
- Reducción de plazos de ejecución respecto a construcción tradicional.

- Permite la ejecución de elementos de la envolvente altamente eficientes con espesores finales muy ajustados.

En este reseñar también, y ampliando también a los sistemas de madera contralaminada, que son sistemas estructurales, pero conforman la parte portante del cerramiento. Son sistemas que se pueden trasdosar y compartimentar con sistemas de tabiquería seca y por supuesto, admiten soluciones de acabado de fachada como fachadas ventiladas con cualquier tipo de acabado o revestimientos continuos con sistemas SATE, o en el caso de cubiertas, sistemas de cubiertas que podemos encontrar en el mercado.

Como ejemplos de cerramientos de fachada y cubierta con sistema de entramado ligero podemos indicar los siguientes.



Ejemplo de cerramiento con muro de entramado ligero, con acabado en fachada ventilada, espesor total de 320 mm y una U inferior a 0,20 W/(m²K)]

Figura 4. Ejemplo de cerramiento con entramado.



Ejemplo de cubierta inclinada con estructura de entramado ligero, con acabado en teja cerámica, espesor total de 450 mm y una U inferior a 0,17 W/(m²K)]

Figura 5. Ejemplo de cubierta inclinada con entramado.

2.2 Paneles de madera contralaminada

Los sistemas de paneles de madera contralaminada se enmarcan en los denominados sistemas constructivos de madera masiva.

Los paneles de madera contralaminada se forman a partir de un número impar de capas de tablas de madera estructural unidos entre sí y de forma perpendicular entre las capas pares e impares, pudiendo encontrar paneles desde 3 capas hasta 7 capas.

El funcionamiento estructural básico es similar a los sistemas de entramado de muros portantes y forjados que principalmente son diseñados para trabajar a flexión en su dirección principal, pero con la ventaja que aporta las capas transversales y la posibilidad de cambio de dirección en la ejecución para conseguir que los muros puedan trabajar a flexión y ser capaces de trabajar como vigas de gran canto, permitiendo configuraciones arquitectónicas que con otros sistemas, son costosas de conseguir.



Figura 6. Paneles de madera contralaminada.

Principios de funcionamiento estructural.

Como hemos mencionado el esquema de funcionamiento de la estructura es similar a los sistemas de entramado:

- Forjados y cubiertas. Los paneles trabajan a flexión con dirección principal en la dirección de las fibras de madera de las capas impares. Se pueden configurar, en función del ancho de los paneles y de los apoyos inferiores, para que trabaje bidireccionalmente.
- Muros. Trabajan principalmente a compresión. La configuración de los paneles permite que, se puedan mecanizar los huecos y se pueda formar el dintel con el propio panel, o en función del despiece de paneles, se use como cargadero.

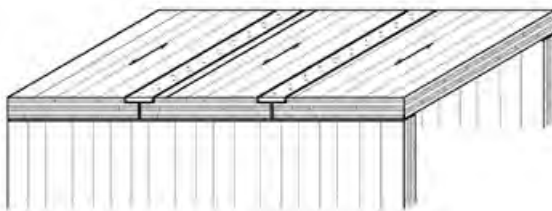


Figura 7. Ejemplo de funcionamiento de forjado.

Además, podemos hacer que los muros trabajen como vigas de gran canto, jugando con la dirección principal de las capas impares, permitiendo cambiar la dirección de los forjados de una planta a otra, conseguir que funcionen en voladizos o que se apoyen en elementos lineales en su planta inferior, dejando gran libertad al proyectista.



Figura 8. Ejemplo de cargadero integrado

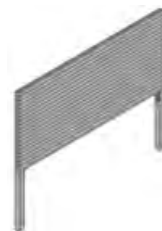


Figura 9. Ejemplo de muro trabajando como viga

Principales características

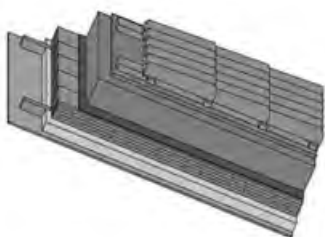
- Sistema eminentemente industrializado. Todos los paneles se despiezan en oficina técnica para su corte en control numérico y entrega en obra según orden de ejecución.
- Uso para construcción de en todo tipo de altura.
- Posibilidades de combinación con otros sistemas estructurales para optimizar el rendimiento de la estructura.
- Construcción en seco.
- Reducción de plazos de ejecución respecto a construcción tradicional.
- Permite la ejecución de elementos de la envolvente altamente eficientes con espesores finales muy ajustados.

Al igual que con los sistemas de entramado, pongo de manifiesto ejemplos de configuración de cerramientos de fachada y cubiertas, donde destaca la alta eficiencia energética con espesores ajustados:



Ejemplo de cerramiento con muro de madera contralaminada, con acabado en fachada ventilada, espesor total de 350 mm y una U inferior a 0,17 W/(m²K)]

Figura 10. Ejemplo de cerramiento de fachada.



Ejemplo de cubierta inclinada con estructura madera contralaminada, con acabado en teja cerámica, espesor total de 450 mm y una U inferior a 0,13 W/(m²K)]

Figura 10. Ejemplo de cubierta inclinada.

3. COMPARATIVA DE SISTEMAS ESTRCUTURALES DE MADERA

En la tabla 1, aparece una comparativa, centrada en la búsqueda del sistema adecuado, en función de variables de elección.

Tabla 1. Comparativa entre sistemas presentados.

	Entramado ligero	Contralaminado
Nº de plantas máximas recomendadas	Lo habitual es hasta una segunda altura, pero se pueden lograr de forma óptima hasta cuatro	Sin determinar. Hay proyectos de edificios que superan los 100 de altura.
Facilidad de ejecución	Ensamblajes sencillo y trabajo con materiales básicos	Procedimientos sencillos de unión. Se deben prever los medios de elevación y trasiego adecuados.
Posibilidad de industrialización	Inicialmente no era su objetivo, ya hay industria especializada en fabricar paneles con este sistema constructivo	Sistema eminentemente industrializado
Capacidad estructural	Para las alturas máximas recomendadas, buena resistencia. Limitado en volumetrías estructurales complejas	Alta capacidad portante y de adaptación a proyectos complejos.
Flexibilidad en el diseño	Limitada por la sencillez de su uso	Adaptable a cualquier configuración arquitectónica
Aislamiento térmico	Integrado en los elementos. Gran capacidad de aislamiento.	Muy buena capacidad de aislamiento térmico que además aporta inercia térmica
Modificabilidad	Bajo supervisión y control de un técnico, por su sencillez es fácilmente modificable.	La estructura se comporta en su conjunto, permitiendo bajo control técnico su modificación posterior.
Compatibilidad con otros tipos de estructuras	Limitado en la ejecución de estructuras híbridas	Gran versatilidad para combinación con otros tipos de estructuras o con otros materiales

4. CONTROL DE LA RECEPCIÓN Y EJECUCIÓN DE LA OBRA

El análisis completo de cómo realizar la dirección de ejecución de las obras con sistemas constructivos con madera es mucho más amplio que la extensión de esta comunicación. A pesar de ello, en los apartados siguientes se indicarán los aspectos clave de la misma.

4.1 Entramado ligero de madera

- Recepción de materiales:
 - Elementos lineales de madera:
 - Comprobación en albaranes de suministro de especie, tipo y calidad de los elementos suministrados.
 - Comprobación de las secciones en obra.

- Certificados de origen legal de la madera (EUTR, FSC, PEFC).
- En caso de maderas tratadas, comprobación de la aplicación del tratamiento
- Tablero estructural.
 - Comprobación en albaranes de suministro de tipo de tablero.
 - Comprobación de las medidas, en especial el espesor.
 - Certificados de origen legal de la madera (EUTR, FSC, PEFC).
- Aislamientos.
 - Comprobación en albaranes de suministro de tipo de aislamiento, densidad y espesor.
 - Verificación en obra de espesor.
- Anclajes.
 - Verificación de calidad de acero, métrica, secciones y longitudes de elementos de anclaje.
- Otros: Control de albaranes de cintas de sellado y láminas de barreras de vapor, paravapores, impermeables o de estanqueidad.

En el caso de entramados industrializados, se deberá verificar el control de calidad en fábrica de estos elementos.

- Control de ejecución.
 - Marco estructural.
 - Nivelación de la base de apoyo.
 - Replanteo.
 - Colocación de barreras separadoras de humedad.
 - Fijaciones entre los elementos del marco.
 - Secciones correctas de los elementos del entramado.
 - Separación entre elementos.
 - Comprobación de elementos singulares como esquinas, rincones, encuentros y apertura de huecos.
 - Comprobación de la nivelación y planeidad del marco.
 - Relleno interior.
 - Espesor de aislamiento instalado.
 - Solapes entre las capas de aislamiento.
 - Relleno completo de la cámara.
 - Instalación de tableros
 - Tipología de tablero y su espesor.
 - Tipo de fijaciones usadas, separaciones entre ellas y separaciones a borde.
 - Verificación de instalaciones a matajunta.
 - Separaciones entre tableros para dilataciones.
 - Instalación de cinta de sellado: tipo y correcta fijación.
 - Otros.
 - Verificar los tipos de láminas instalados.
 - Correcta fijación al soporte
 - Solapes de juntas

4.2 Contralaminado

- Control previo.
 - Verificación de los planos de despiece y montaje.
 - Confirmación del programa de suministro: orden de transporte y fechas de entrega en obra.
- Recepción de materiales.
 - Paneles de madera contralaminada.
 - Verificación en albarán de correspondencia con programa de suministro.
 - Comprobación de medidas, espesores y calidad de caras acorde a lo previsto en proyecto.
 - Certificados de origen de la madera (EUTR, FSC, PEFC)
 - Verificación de tratamientos previstos.
 - Anclajes y materiales de sellado.
 - Verificación en albarán y en embalaje de tipo de anclaje, calidad del acero y dimensiones.
 - Comprobación de tipología de láminas y sellantes a utilizar.
- Control de ejecución.
 - Previo a la elevación.
 - Disposición de medios de elevación, cargas máximas de elevación de grúas.
 - Verificación de instalación de elementos de elevación en los paneles de contralaminado.
 - Replanteo de la ubicación de los muros, huecos, etc.
 - Verificar nivelación del elemento donde apoya.
 - Montaje.
 - Verificación de la instalación de láminas y sellantes. Tipo, longitudes y anchos acorde a proyecto
 - Comprobación del panel a instalar, así como los anclajes, durmientes, etc.
 - Fijación de anclajes: tipo de anclaje según proyecto, separaciones entre ellos y a borde de paneles.
 - Nivelación de paneles instalados.

5. CONCLUSIONES

La tecnología de la construcción de estructuras de madera ya es una realidad. La investigación en la caracterización de especies de madera, el desarrollo de madera tecnológica y el desarrollo de madera técnica estructural han hecho posible que sistemas como el entramado ligero de madera y los sistemas de madera contralaminada sean a día una realidad competitiva para construir las estructuras de nuestros edificios.

Los profesionales de la dirección de ejecución de obras tienen que ser conscientes de la realidad de estos sistemas constructivos con madera, conocerlas para realizar su trabajo de control de ejecución de las obras de forma adecuada.

Existe normativa en la que basarse para ello y bibliografía abundante al respecto para que conseguir cumplir con las obligaciones de su función.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Erol Karacabeyli & Brad Doubles (Eds). (2013). CLT Handbooks .Pointe-Claire, CQ: FPInnovations.
- DI Dr. Markus Wallner-Novak & DI Josef Koppelhuber & DI Kurt Pock (2014). Cross-Laminated Timber Structural. Vienna: proHOLZ Austria.
- José Enrique Peraza Sánchez & Francisco Arriaga Martitegui & Carmen Arriaga Martitegui & Marco Antonio González Álvarez & Fernando Peraza Sánchez & Miguel Angel Rodríguez Nevado (1995). Casas de Madera. Madrid: AITIM
- Solid Timber Construction Manual (2016) Austria: binderholz & British Gypsum Saint Gobain.
- Pliego de Condiciones AITIM. Accedido el 9 de abril de 2018 desde <http://infomadera.net/uplo>